

# 氰化尾渣综合回收有价元素初探

邝金才

(广东省肇庆市矿冶工业总公司, 广东 肇庆, 526040)

**摘要:**氰化尾渣多数含各种有价元素, 从其中回收这些元素一般采用浮游选矿方法, 根据尾渣的矿物组成及含量, 均需要采用特殊化学药剂或活化某种元素或抑制某种金属而提高回收率, 生产合格产品。从尾渣中回收有价元素不但为社会创造财富, 并充分利用宝贵资源, 减少环境污染, 而且也为企业增加经济效益。

**关键词:**氰化尾渣; 浮游选矿; 综合回收; 有价元素

**中图分类号:**TD923 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-2518(2003)04-0017-06

我国采用金精矿氰化提金工艺直接生产黄金的方法占黄金工业生产的半壁江山, 然而, 该工艺不可能将精矿中的所有金属回收干净, 很多矿山氰渣中尚有可回收的多种元素, 包括金银铜铅锌硫等。在目前技术条件下, 采取某种特殊技术回收, 不但有经济价值, 而且提高资源利用率, 减少重金属排放, 减轻对环境的污染而造福子孙后代。

## 1 氰化尾渣特点

无论是浮选金精矿的氰化尾渣, 还是全泥氰化的尾矿, 其共同特点是渣的粒度很细, 如河台金矿氰渣粒度  $-37\mu\text{m}$  占 90%, 金厂峪金矿  $-350$  目占 99% 以上, 三山岛金矿  $-20\mu\text{m}$  占 80% 以上; 二是有用矿物经氰化物

长时间作用, 一部分可溶性的硫化物及氧化物已溶解, 矿物表面性质受氰化物长期浸蚀已发生很大变化, 矿物之间可浮性明显减少; 三是氰渣中绝大部分为无回收价值非金属矿物, 如吉林夹皮沟金矿氰渣中非金属矿物占 73%, 包括金银铜铅锌铁硫等有价元素总含量占 27%; 四是氰渣中有价元素组成复杂, 目前技术经济条件下能够回收的占极少数, 如内蒙古大水清金矿氰渣多元素分析见表 1, 可回收的仅为铜、金、银三种金属; 五是有用矿物物相分析表明, 一般氧化率很低(原因已被氰化物溶解), 不足 1%, 或低于 2%, 绝大部分为硫化物, 如河南银洞坡金矿可回收元素铅锌, 硫化铅分布率为 98.2%, 硫化锌分布率 99.1%, 有利于浮选法回收。

表 1 内蒙古大水清金矿氰渣多元素分析(%)

元素	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	C	S	Fe	Pb	Zn	Ni	Cr	Mo	Co	Cu	Ag
含量	0.78	1.25	7.27	30.00	0.07	0.72	24.28	24.92	1.25	0.18	0.01	0.24	0.07	0.02	2.31	0.03

收稿日期:2002-11-12; 修订日期:2002-12-26

作者简介:邝金才(1967-), 男, 选矿工程师, 从事黄金矿山选矿技术工作。

## 2 回收有价元素分类

在全国范围内,氰化尾渣回收有价元素已工业化生产的企业并不多,在黄金等杂志上发表的文章也很少,根据目前笔者收集到的资料按原矿性质大致可分两大类,一是由浮选金精矿氰化提金后的尾渣,二是由矿石全泥氰化工艺提金后的尾矿。

分析收集到10余份资料,从氰化尾渣中可综合回收有价元素按其回收成份可以划分为回收金以及金银;回收铜或铜金或铜铅;回收铅硫、铅锌或铅金银等元素。

## 3 精矿尾渣回收有价元素

### 3.1 回收金或金银

河北金厂峪金矿在我国是较早使用金精矿氰化工艺回收黄金的矿山之一,于1970年生产出第一批合质金以来,对二浸二洗氰化流程进行过多次改造,以提高金的浸出率,但

经过几十年生产氰渣中金的品位一直在4g/t上下。1985年初开展氰渣选金的试验研究并进行工业试验,1986年建成浮选回收金的生产工段。室内试验浮选时间25min,精矿品位110~135g/t,回收率35%,生产工艺流程为一粗二扫二精,水玻璃用量5.5~10kg/t,煤油190~200g/t,2号油100~200g/t,实际浮选时间仅9~11min,精矿品位仅75~130g/t,作业回收率25%~30%左右,近年来产金9.4~10.5kg,盈利25~30万元<sup>[1]</sup>。

资料2介绍广西龙水金矿的选矿厂1996年建成金精矿氰化车间,其金精矿多元素分析见表2,由于含铜碳等有碍氰化的杂质富集,氰渣中的金银品位分别达5.51g/t与203g/t。1997年建成氰化尾渣回收金银的生产工段,采用一粗二扫二精的浮选流程,用硫酸铜作活化剂,B药剂作调整剂,当年回收黄金4.1kg,白银189kg,回收率分别达67.5%与82.5%。

表2 龙水金矿金精矿多元素分析

元素	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu	Pb	Fe	S	C	SiO <sub>2</sub>
含量(%)	29.0	53.0	0.73	1.08	28.47	27.4	9.11	20.83

### 3.2 回收铜与其它金属

内蒙古喀喇沁旗大水清金矿生产流程采用浮选金精矿氰化提金工艺,氰化尾渣中还有部分有价金属,其中铜1.5%~2.2%,银250~350g/t,金1.3~3.0g/t,氰渣多元素分析结果见表1。为了有效地利用资源,提高企业效益,1993年建成一个25~30t/d的氰渣选铜车间。由于其残存浮选药剂量变化大,含硫品位高,且泥化现象比较严重,在实际生产中跑槽现象比较频繁,浮选过程不稳定,产品质量难以保证,1994年生产出铜品位9.71%,回收率69.11%的精矿,销售困难,产品积压,企业亏损。后经长春黄金研究院作了流程考查及改造,采用新型浮选工艺流程(双回路循环),增设矿浆缓冲槽,控制

矿浆浓度,改善药剂制度,严格控制加药量,强化生产过程监测等技术手段,使铜精矿品位大幅度提高,尾矿品位由0.51%降至0.37%,精矿含铜量稳定在18%左右,铜回收率83.22%,并且铜精矿中含金15g/t,含银2394g/t,均可计价。大水清金矿经过这一技术改造自1996年以后,每年可实现收入533万元,利润322万元。

然而,该矿浮选回收铜的生产其给矿量是不连续的,氰化尾渣过滤后必需送堆料场自然堆存,选铜时与石灰混合后由人工加到调浆槽再到药剂搅拌槽,停留30min后进入浮选作业。这与广东高要河台金矿的氰渣选铜作业有较大区别<sup>[3]</sup>。

资料4介绍河台金矿直接从氰化压滤尾

渣加入清水调浆至 27.5% 浓度,然后进入浮选流程。尾渣含铜 3% ~ 5%,金 2 ~ 3g/t,银 30g/t,其它元素无回收价值。自 1998 年建成金精矿氰化车间以来,氰渣浮铜工艺同时上马并同时投产,由于原生产流程存在诸多问题并进行深入研究,采用以下特殊措施。

(1) 压滤机为间断排矿而浮选为连续生产,为稳定作业参数在选前增设三段搅拌作业,包括调浆槽、缓冲槽与给矿槽;

(2) 选择浮选药剂以提高回收率,试验后确定采用 A 盐,用量 500g/t,使回收率达 91.40% ;

(3) 改造设备,由 7 台 SF-4m<sup>3</sup> 机械式浮选机代替 5A 浮选机,其配置为粗选 2 台、一次精选 2 台、二次精选 1 台、一次扫选及二次扫选各 1 台,其工艺流程为一粗二精二扫。

经过改造后生产流程更稳定,作业指标更先进,经济效益更显著:铜精矿品位近年稳定在 20% 上下,其含金 6g/t,可以计价,铜回收率 75% ~ 80% 之间,多年实践年均产金属铜 370t 以上,扣除作业成本年均盈利 350 万元。

### 3.3 回收铅及其它元素

山东三山岛金矿是我国岩金地下生产规模最大矿山,设计生产能力 1500t/d,全套引进国外无轨设备从事采掘作业,属于机械化程度最高的矿山之一。它开采蚀变岩型金矿,浮选回收率达 95% 以上,所以,投产以来一直采用浮选—精矿氰化—金泥冶炼工艺回收黄金与白银。氰化尾渣主要含硫,一直当硫精矿出售,后于 1990 年对硫精矿进行多元素分析,结果查明含有价元素铅,品位达 6% ~ 9%,当年开展从硫精矿中分离铅的试验研究,并于 1991 年建成 100t/d 硫精矿选铅车间,自投产以来,指标稳定,效益显著,经鉴定后获山东黄金总公司科技进步一等奖。

硫精矿中 useful 矿物为黄铁矿、方铅矿,其次有黄铜矿、银金矿和闪锌矿等;非金属矿物大都是硅酸盐类,硫品位 40% 左右,粒度很

细,~10 $\mu$ m 占 54.41%。室内试验表明,采用单一浮选流程就可分离铅硫,并产出合格产品,实际生产中,采用一粗二精二扫工艺,硫精矿经圆筒过滤机过滤后加水调浆,进入  $\phi$ 9m 浓缩机,其底流造浆至 30% ~ 35% 的浓度后,进行分离浮选,粗选精矿进行两次精选而得铅精矿,粗选尾矿以两次扫选而产出硫精矿,精选尾矿与扫选精矿各返回上一流程。浮选时用硫酸锌作抑制剂,用量 700 ~ 800g/t,略加 2 号油与 50g/t 柴油作捕收剂,为使氰渣中的金银富集于铅精矿中,加入 200 ~ 400g/t 活性炭,获得铅品位 55% 的精矿,回收率达 74%<sup>[5]</sup>。

资料 6 介绍山东黄金集团平度市大庄子金矿从氰化尾渣中回收铅锌的生产实践。其氰化尾渣样品分析结果见表 3。

表 3 金矿氰化尾渣样品分析结果

细度%	Au(g/t)	Ag(g/t)	Pb(%)	Zn(%)
93.0	1.35	29.03	5.321	6.784

注 细度(-325 目)

其生产能力 200t/d 原矿,回收有价元素的工艺流程为:浮选—金精矿—氰化尾渣—浮选—铅锌精矿。从氰化尾渣中回收铅锌的试验研究于 1999 年开始,由烟台黄金设计研究院承担并完成尾渣浮选工艺工程设计。该矿为节省投资而利用一座旧厂房和部分闲置设备及增添 200 万元组建再选车间,2000 年进行生产调试,并在生产实践中解决与改进如下几个问题。

(1) 给矿量不平稳,常造成跑槽和落槽,解决方法加装一个稳压箱以稳定矿浆排放量;

(2) 泡沫跑槽原因是渣中存在过剩的浮选药剂,以及脱药剂活性炭干式添加不合理,改用搅拌槽水合后由计量箱加入;

(3) 加灰量不稳造成产品不合格,后来改用自制圆盘加灰机使石灰连续添加平稳。

经过稳定生产后药剂消耗下降,指标明显提高。氰渣先浮选铅,后浮选锌;氰渣造浆浓度30%,铅经一次粗选、三次精选与两次扫选,其尾矿压滤后加水造浆至30%浓度,再经一粗三精二扫流程,分别选出铅精矿品位45%

~63%,回收率62%,锌精矿品位45%~58%,回收率51%,每年创效益56万元。

资料7介绍河南银洞坡金矿氰化尾渣回收铅与金银的生产情况。其氰渣多元素分析结果见表4。

表4 河南银洞坡金矿氰渣多元素分析结果

元素	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu	Pb	Zn	S	Fe	SiO <sub>2</sub>
含量(%)	3.40	95.82	0.25	5.35	4.28	19.96	22.15	32.58

正如上述该矿的铅锌矿物绝大部分为硫化物,金以包裹金为主,大多数以细粒银金矿形态存在,铜矿物以辉铜矿为主的次生铜矿物,它在氰化液中有很高的溶解率。

氰渣分析结果认为金银铅锌硫均可回收,且易浮选;-400目占85.33%,金属含量较高,除锌外,各金属分布率均在90%以上,其中铅高达97.23%;各矿物粒度表面极度污染,浮选速度慢,精矿品位低,这些是氰渣浮选的主要难点,在实际生产中,采取如下一些措施。(1)选择合适的准备作业,氰渣加水稀释直接进入浮选;

(2)选择铅精矿为产品和优先浮选铅工艺流程;

(3)采用低浓度浮选,添加水玻璃分散矿泥,抑制石英等脉石;

(4)选择用量小而捕收力强的乙硫氮代替黄药;

(5)五是与硫代硫酸钠等配合使用作闪锌矿的抑制剂;

(6)选择石灰作矿浆pH值调整剂。

70t/d的氰化尾渣浮选厂给人矿浆浓度20%,经一粗二扫三精的浮选工艺流程,生产出合格的产品(表5)。

表5 河南银洞坡金矿浮选回收尾渣有价元素

产品 名称	产率 (%)	品位(%)					回收率(%)				
		Au(g/t)	Ag(g/t)	Pb	Zn	S	Au	Ag	Pb	Zn	S
原矿	100.0	2.08	85.36	5.01	4.12	18.64	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
铅精矿	7.86	15.98	335.03	43.02	3.22	9.86	60.38	0.85	67.50	6.14	4.16
尾矿	92.14	0.89	64.06	1.76	4.22	19.39	39.62	69.15	32.50	93.86	95.84

#### 4 全泥氰化尾矿回收有价元素

黑龙江老柞山金矿生产规模350t/d,开采砂卡岩型金矿床,矿石类型为含砷金铜矿石。矿石中主要有用金属矿物为毒砂、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、褐铁矿、赤铁矿与铜兰等,各种元素品位:金9.33g/t,银3.68g/t,铜0.211%、砷0.09%,其余各元素含量不够工业回收价值。1987年建矿以来,一直采用全泥氰化炭浆工艺流程生产黄金。经过多年生

产后尾矿库贮存尾矿已达100万t,后于1999年对氰化尾矿进行试验研究,认为尾矿含铜可综合回收,并与长春黄金研究院合作,确定生产流程和进行建厂设计。

其指导思想是注重企业效益,依据资源状况,在不影响原有炭浆厂生产的前提下,充分利用原有厂房和设备,力争做到少投入,多产出。根据矿山实际,设计采用两个浮选系列,即夏季处理现流程尾矿与尾矿库回采尾矿,规模分别为350t/d,冬季一个系列生产,

仅处理现生产尾矿。设计主体流程为混合浮选、粗精矿再磨、铜硫分离。

主要设备包括(1)尾矿库的尾矿回采设备20L小型采金船,采砂能力350~500t/d;

(2)洗涤用2台 $\phi 12\text{m}$ 双层逆流洗涤浓密机;

(3)混合浮选两个系列,每个系列各选2台CF4和BC-K4浮选机;

(4)粗精矿再磨用MQY $\phi 1500 \times 3000$ 溢流球磨机, $\phi 150\text{mm}$ 水力旋流器分级, $\phi 9\text{m}$ 中心传动单层浓密机;

(5)分离浮选两个系列,每个系列粗扫选分别用3台和2台SJ1.2浮选机,三次精选用SF-0.37浮选机;

(6)精矿过滤用一台XAE60/1000厢式自动压滤机实行间断作业。

生产条件为1:1洗水比进行氰化尾矿洗涤;混合磨矿细度-200目占85%,分离浮选磨矿细度-320目占95%;矿浆浓度混合浮选31%~33%,分离浮选12%~20%;加药制度除黄药和2号油外,还有碳酸钠、CS药剂与栲胶及NY1号等。

浮选回收铜品位16.21%,铜综合回收率达79%。按日平均处理量500t,16%以上精矿铜价12000元/t(2001年上半年),其含金10g/t实际价格60元/g,330d年产值435.2万元,减去总成本338.3万元,税金43.8万元,则年盈利53.1万元<sup>[8]</sup>。

## 5 结语

(1)氰化尾渣的共同特点是粒度很细,有用矿物长时间经氰化物作用后其可浮性明显降低。

(2)从中可回收有价元素根据原矿性质不同而各异,但共同可回收者有金银,而分别可回收铜、铅、锌或硫。

(3)尾渣造浆之后,均使用浮游选矿,为活化某种金属必需添加某些特殊药剂,且各矿为保护知识产权其药剂名称均用代号。

(4)各生产企业都千方百计提高其回收率,但一般都不高,低者25%~30%,高者70%~80%。

(5)所回收有价元素,其品位均达到工业生产要求,铜品位16%~18%以上,铅品位45%~63%,锌品位45%~58%,硫品位20%~40%。

(6)从尾渣中不但回收了有价元素,为社会创造财富,充分利用地质资源,减少了对环境污染,而且还为企业增加经济效益。

## 参考文献

- [1] 国家黄金局经济发展研究中心. 黄金矿山实用技术荟萃[M]. 沈阳:东北工学院出版社, 1993.
- [2] 石同吉. 氰化尾渣综合回收有价金属的研究与实践[J]. 金属矿山, 2002, (4): 39-41.
- [3] 郑 晔, 冯国臣, 邹积贞. 大水清金矿氰化尾渣综合回收利用研究[J]. 黄金, 1998, 19(1): 43-45.
- [4] 冯肇伍. 金精矿氰化尾渣回收铜的研究与实践[J]. 有色金属(选矿部分)2002, (1): 17-19.
- [5] 中国黄金生产实用技术编委会. 中国黄金生产实用技术[M]. 北京:冶金工业出版社, 1998.
- [6] 于振福, 郝建贞. 从氰化尾矿中浮选回收铅锌的生产实践[J]. 黄金, 2002, 23(4): .
- [7] 罗中杰. 银洞坡金矿氰化尾矿直接浮选回收铅、金、银的工艺研究和生产实践[J]. 黄金(19卷)1998年7月:44-46.
- [8] 刘成江, 赵志新, 王华东. 老柞山金矿氰化炭浆尾矿中铜金回收[J]. 黄金 2001, 22(3): 33-35.

# INTEGRATIVE RETRVE VALUABLE ELEMENT VIA CHLORINE DREGS

KUANG Jincal

*(Zhaoqing General Office of Mining and Metallurgy Industry,  
Guangdong Guangdong Zhaoqing 526040, China)*

**Abstract:** Chlorine tail dregs contain many kinds of valuable elements. Usually, we adopt floatation dressing method to retrieve these valuable elements, according to ore component and content of tail dregs. They need use spccial drugs, livens up a certain element or suppresses a certain metal to improve the rate of recovery, and produce the acceptable products. Retrieving valuable element from the taill dregs not only create the wealth for the society, but also fully utilize valuable resources and reduce the environmental pollution and increase economic efficiency for enterprise.

**Keywords:** Chlorine tail dregs; Floatation dressing; Integrative retrace; Valuable elements